

IAP20 Rec'd PCT/PTO 29 DEC 2005

## VERGÜTEITER GELENKKÄFIG

5

Die Erfindung betrifft einen Käfig aufweisend eine Mehrzahl von Aussparungen zur Aufnahme von Rollkörpern eines Gelenks. Weiter wird ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Käfigs vorgeschlagen.

- 10 Insbesondere betrifft die Erfindung Käfige für Gleichlaufkugeldrehgelenke, wie sie beispielsweise im Automobilbau eingesetzt werden. Diese Gelenke haben ein Gelenkaußenteil und ein Gelenkinnenteil, in denen eine Mehrzahl im wesentlichen in Längsrichtung verlaufende Kugelbahnen vorgesehen sind. Zwischen dem Gelenkaußenteil und dem Gelenkinnenteil werden die Kugeln zur
- 15 Drehmomentübertragung eingesetzt, wobei die Positionierung der Kugeln durch einen zwischen dem Gelenkaußenteil und dem Gelenkinnenteil angeordneten Käfig sichergestellt wird. Der Käfig weist eine Mehrzahl von Käfigfenstern für die Kugeln auf, so dass diese in axialer Richtung ihrer Bewegungsrichtung eingeschränkt sind.

20

Im Hinblick auf die verschiedenen Gelenktypen bezieht sich die Erfindung insbesondere auf Käfige der folgenden Gelenke:

- Rzeppa-Gelenke, bei denen die unmittelbare Steuerung der Kugeln auf die winkelhalbierende Ebene durch meridional verlaufende Kugelbahnen mit in
- 25 Längsrichtung versetzten Mittelpunkten der Bahnen des Gelenkinnenteils und Gelenkaußenteils erfolgt.
- Hinterschnittfreie UF-Gelenken, die im wesentlichen dem gleichen Prinzip folgen, sind die Kugelbahnen axial gesehen hinterschnittsfrei ausgeführt.
- So genannte DO-Gelenke, bei denen am Käfig kugelige Führungsflächen
- 30 mit axial gegeneinander versetzten Krümmungsmittelpunkten auf der Innen- und auf der Außenseite vorgesehen sind, so dass bei Gelenkbeugung einer unmittelbare Steuerung des Käfigs und damit mittelbar der Kugeln auf die

winkelhalbierende Ebene erfolgt. Derartige Gelenke sind mit gekrümmten Kugelführungsbahnen als Festgelenke und mit gerade verlaufenden Kugelführungsbahnen als axial verschiebbare Gelenke ausgeführt.

- Schließlich sei hier beispielhaft auch noch auf die sogenannten VL-Gelenke hingewiesen, die im Gelenkaußenteil und im Gelenkinnenteil zumindest zum Teil einander zugeordnete Bahnen aufweisen, die nicht streng in Längsrichtung verlaufen, sondern miteinander einen Winkel bilden und hierdurch eine unmittelbare Steuerung der Kugeln auf die winkelhalbierende Ebene und auf den halben Verschiebeweg bewirken.

10

Bei all diesen bekannten Gelenken haben die Käfige dauernd oder zumindest zeitweise gleitenden Kontakt mit der zwischen den Kugelbahnen liegenden Oberflächen des Innen- und/oder des Außenteils des Gelenks. Aus Verschleißgründen ist es dabei erforderlich, dass alle gleitenden Flächen am Gelenkaußenteil, am Gelenkinnenteil bzw. am Käfig gehärtet sind.

Im Hinblick auf den Käfig wurde bislang eine Härtung im oberflächennahen Bereich vorgesehen, um insbesondere Verschleißerscheinungen in Folge von Reibung mit den Gelenkaußenteil bzw. Gelenkinnenteil zu vermeiden. Gerade im Automobilbau ist derzeit zu erkennen, dass immer größere Kräfte bzw. Drehmomente mit solchen Gelenken zu übertragen sind. Dies stellt insbesondere in dem Fall eine besondere Herausforderung dar, wenn das Gelenk nicht rein axial belastet wird, sondern die Kraft- bzw. Drehmomentübertragung mit einem Beugewinkel stattfindet. Dies hängt insbesondere mit der Kraftübertragung von den Kugeln hin zum Käfig zusammen. Eine Kugel wird regelmäßig mittels drei Berührungspunkte in ihrer Position gehalten, nämlich einen hin zum Innenteil, ein weiterer hin zum Außenteil und ein dritter hin zum Käfig. Mit größer werdendem Beugewinkel wachsen die Bahnkräfte auf die Kugel, welche in verstärktem Maße über den Käfig kompensiert werden müssen. Diese resultierende Käfigkraft führt letztendlich zu einer Drehmoment-Limitierung des Gelenkes bei größeren Beugewinkeln. Aufgrund einer ständig steigenden Marktanforderung bezüglich

30

wachsender Drehmomente führt diese Gegebenheit dazu, dass immer größere Gelenke erforderlich wurden.

Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Käfig für  
5 ein Gelenk anzugeben, der die in Bezug auf den Stand der Technik bekannten technischen Probleme zumindest teilweise lindert. Insbesondere soll der Käfig den veränderten Anforderungen gerade im Automobilbau dauerhaft standhalten, wobei vorteilhafter Weise sehr kompakte Gelenke verfügbar werden sollen. Außerdem ist ein einfaches und gut in eine Serienfertigung integrierbares  
10 Verfahren zur Herstellung eines entsprechenden Käfigs anzugeben.

Diese Aufgaben werden gelöst durch einen Käfig mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. einem Verfahren zur Herstellung eines Käfigs mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der  
15 Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale in beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können, und weitere Ausgestaltungen der Erfindung aufzeigen.

20 Der erfindungsgemäße Käfig weist eine Mehrzahl von Aussparungen zur Aufnahme von Rollkörpern eines Gelenks auf, wobei der gesamte Käfig eine im wesentlichen gleiche Duktilität hat. Damit ist insbesondere gemeint, dass hinsichtlich des Käfigs von der bislang stets vorgenommenen Oberflächenhärtung abgesehen wird. Während bislang die gesamte Oberfläche gehärtet wurde,  
25 beispielsweise durch Einsatzhärten zur Erzielung einer möglichst harten Oberfläche mit einem zähen Kern, wird hier nun vorgeschlagen, dass der gesamte Käfig über den Querschnitt die gleiche Duktilität hat. Demnach sind also gerade keine wesentlichen Härteunterschiede, Gefügeunterschiede, etc. über den Querschnitt bzw. in Richtung des Umfangs des Käfigs festzustellen. Tests haben  
30 gezeigt, dass sich mit einem solchen Käfig mehr als 50 % höhere statische Kräfte im Vergleich zu den oberflächen- bzw. einsatzgehärteten Käfigen aufnehmen

lassen. Setzt man nun einen solchen Käfig in einem Gelenk ein, so können bis zu 30 % erhöhte statische Drehmomente dauerhaft übertragen werden.

Mit „Duktilität“ ist insbesondere die Eigenschaft des Werkstoffs zu verstehen, sich unter Einwirkung äußerer Kräfte bleibend zu verformen, also sich eher plastisch zu verformen denn zu brechen. Der Grad der Duktilität hängt in der Regel auch von der Temperatur ab, wobei hier von der Raumtemperatur auszugehen ist.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Käfigs hat dieser eine Härte im Bereich von 500 bis 650 HV [Härte nach Vickers], insbesondere in einem Bereich von beispielsweise 550 HV bis 600 HV. Bei der Härteprüfung nach Vickers wird eine regelmäßige, vierseitige Prüfpypamide als Eindringkörper unter einer statischen Last auf die Oberfläche des zu prüfenden Materials aufgesetzt und für  
15 eine bestimmte Zeit eingedrückt. Die Bestimmung der Vickers-Härte (HV) ergibt sich aus der Kraft und der bleibenden Eindruckoberfläche, so dass elastische Verformungen unberücksichtigt bleiben. Dieses Verfahren ist weitläufig bekannt, so dass eine genauere Beschreibung hier nicht erforderlich ist.

20 Bei der hier vorgeschlagenen Ausgestaltung des Käfigs kann das Vickers-Prüfverfahren an jeder Stelle des Querschnitts des Käfigs durchgeführt werden, wobei sich hier Härtebereiche ergeben, die im wesentlichen mit denen im Randbereich bzw. im oberflächennahen Bereich des Käfigs übereinstimmen. Insbesondere liegt die Abweichung in einem Bereich kleiner 15 % und bevorzugt  
25 kleiner 10 % des Härtwertes an der Oberfläche des Käfigs. Der hier angegebene Härtebereich von 500 bis 650 HV ist insbesondere auf den Einsatz eines solchen Käfigs für ein Gelenk im Automobilbau gewählt.

Weiter wird auch vorgeschlagen, dass der Käfig einen vergüteten Stahl umfasst.  
30 Damit ist insbesondere gemeint, dass der Käfig vollständig aus einem Stahl hergestellt wurde, der hinsichtlich seiner thermischen Behandlung zur Einstellung

bestimmter Materialeigenschaften zunächst durchgehärtet und anschließend angelassen wurde, um die vorstehend beschriebenen positiven Eigenschaften aufzuweisen. Beispiele für geeignete Stähle sind unlegierte Vergütungsstähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,35% bis 0,6 %.

5

Während vergütbare Stähle grundsätzlich einen Kohlenstoffgehalt von beispielsweise 0,3 % bis 0,7 % aufweisen können, wird gemäß einer weiteren Variante der Erfindung vorgeschlagen, dass der Käfig einen Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,3 % bis 0,5 % umfasst, insbesondere in einem  
10 Bereich von 0,43 % bis 0,5 %. In Anbetracht der Tatsache, dass die mögliche Härtesteigerung bei dem Härten maßgeblich auch durch den Kohlenstoffgehalt bestimmt wird, ist zunächst überraschend, dass hier ein Stahl mit relativ wenig Kohlenstoffgehalt vorgeschlagen wird. Gleichwohl haben aufwendige Tests  
15 gezeigt, dass bezogen auf dieses Bauteil gerade Vergütungsstähle mit etwas geringerem Kohlenstoffgehalt und geringeren Anlasshärten höhere statische Lasten ertragen können als Vergütungsstähle mit höheren C-Gehalten. Des Weiteren können Käfige aus Vergütungsstählen mit geringeren C-Gehalten prozesssicherer thermisch behandelt werden, wobei eine in der Serienfertigung gleich bleibende Qualität der Käfige sichergestellt ist.

20

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Käfigs umfasst dieser einen Stahl, der mindestens Bohr als Legierungselement aufweist. Bevorzugt liegt der Anteil des Bors im Bereich von 0,0001% bis 0,0015%, insbesondere im Bereich von 0,0001% bis 0,001%. Die Präsenz von Bohr hat zur Folge, dass der Stahl nicht nur  
25 eine gute Eignung hinsichtlich der Formbarkeit und Härbarkeit aufweist, sondern der Stahl ermöglicht auch in besonderem Maße das Abscheren von Teilbereichen beim Trennen. Dies ist insbesondere bei der Herstellung des Käfigs von Relevanz, da die Aussparungen in der Regel herausgestanzt werden. Ganz besonders bevorzugt wird hierfür ein Stahl mit der Bezeichnung 45B2M (umfassend: C:  
30 0,45-0,5%, Mn: 0,5-0,6%, Si: max. 0,1%; P: max. 0,015%, S: max. 0,025%, Al: 0,02-0,04%, Cr: 0,2-0,3%, Mo: max. 0,01%, Ni: max. 0,025%, Cu: max. 0,015%,



Ti: 0,003-0,005%, B: 0,0001-0,0005%, N: max. 0,012%) oder ein ähnliches Material eingesetzt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Käfigs aufweisend eine Mehrzahl von Aussparungen zur Aufnahme von Rollkörpern eines Gelenks beschrieben. Dieses Verfahren umfasst zumindest folgende Schritte:

- Formen eines geschlossenen Grundkörpers;
- Heraustrennen einer Mehrzahl von Aussparungen;
- 10 - Durchhärten des Käfigs;
- Anlassen des Käfigs.

Hinsichtlich des zuerst genannten Verfahrensschrittes ist anzumerken, dass mit „Formen“ sowohl Fertigungsverfahren zum Urformen als auch zum Umformen ausgewählt werden können. Bevorzugt wird der Grundkörper durch Abtrennen von einem rohrähnlichen Halbzeug hergestellt.

Das „Heraustrennen“ einer Mehrzahl von Aussparungen erfolgt in der Regel durch Einsatz eines Schneidwerkzeuges, wobei Material aus dem Grundkörper mechanisch entfernt wird. Hierfür bietet sich insbesondere das Verfahren Stanzen an. In bestimmten Anwendungsfällen kann es auch zweckmäßig sein, das Heraustrennen mittels hochenergetischen Strahlen durchzuführen. Ergänzend können weitere Verfahren zur Beeinflussung der Form- oder Oberflächenkontur durchgeführt werden, wie zum Beispiel eine spanende Bearbeitung des Grundkörpers im ungehärteten weichen Zustand mittels Drehen, Bohren und/oder Fräsen.

Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, den Käfig durchzuhärten. Dazu wird der Käfig in etwa auf Temperaturen von 800°C bis 1000°C erwärmt und anschließend bis auf eine Temperatur von ca. 20°C bis 60°C abgeschreckt. Das Abschrecken erfolgt dabei in einem Zeitrahmen von weniger als 10 Sekunden,

insbesondere in einem Zeitraum von 0,5 bis 4 Sekunden. Die Abschreckgeschwindigkeit darf nicht zu hoch sein, da es sonst zu Härterissen kommt. Die Abschreckung muss so homogen wie möglich sein, damit die Verzüge möglichst gering bleiben. Nach dem Durchhärten ist der Käfig durchgehend martensitisch und demzufolge extrem spröde und bruchgefährdet. Zur Vermeidung einer Rissbildung durch Eigenspannungen sollen die Käfige sobald wie möglich angelassen werden.

Nach dem Durchhärten, wird der Käfig erneut thermisch behandelt. Bevorzugt liegt die Anlasstemperatur in einem Bereich von 150°C bis 250°C und wird je nach angewandter Anlassmethode über einen Zeitraum von z.B. 5 Minuten bis zu 90 Minuten gehalten, bevorzugt jedoch von höchstens 10 Minuten. Das Anlassen hat dabei die Funktion, die Zähigkeitseigenschaften des Käfigs gegenüber dem gehärteten Zustand zu verbessern, wobei in der Regel eine Festigkeitseinbuße in Kauf genommen werden muss. Die im abschreckgehärteten Werkstoff vorliegenden Eigenspannungen werden bis zu einem gewissen Maße abgebaut. Die Durchführung der Anlassbehandlung – besonders die Temperatur und Anlassdauer – ist sowohl von der chemischen Zusammensetzung als auch von dem durch Härten erreichten Gefügestand abhängig. In der Regel sinkt jedoch mit steigender Anlasstemperatur die Festigkeit, während die Dehnung und die Brucheinschnürung steigen.

Das Anlassen kann direkt in der Härtestation oder aber in einer nachfolgenden Anlassstation (z.B. mit separatem induktiven, elektrischen oder gasbetriebenen Durchlauf- oder Kammerofen). Bevorzugt ist dabei ein Prozess, der eine Einzelteilbehandlung ermöglicht und sich somit in die Fertigungslinie integrieren lässt. Vorteilhafter Weise lässt sich das Anlassen dabei auf kleinem Raum und in kurzer Zeit (Taktzeit der Fertigung nach Möglichkeit) durchführen. Die erforderliche gesamte Anlasszeit bestimmt sich aus der Bauteilerwärmungszeit bis zur gewünschten Anlasstemperaturen sowie der Haltezeit. Je kürzer die Anlasszeit bzw. Haltezeit desto höher ist die erforderliche Anlasstemperatur. Bei

Anlassungen im Sekundenbereich, die ggf. bei der Integration dieses Prozesses in eine Härteanlage erforderlich sind, werden in der Regel "Hochtemperaturanlassungen" (Anlasstemperaturen oberhalb der üblichen Langzeitanlassungen im Ofen ca. 0,5 bis 1,5 Std.) notwendig. Diese Art des  
5 Anlassens ist jedoch häufig mit dem Risiko einer Übererwärmung verbunden, woraus schwer erkennbar zu weiche Käfige resultieren. Bei einer bevorzugten Anlassung im induktiven Durchlaufofen ist eine risikoreiche "Hochtemperaturanlassung" nicht erforderlich, da mit ihr eine Normaltemperaturanlassung im Bereich von 1 bis 5 Minuten möglich ist, wobei  
10 die Ausbringung bevorzugt der der Produktionslinie entspricht. Aus Testreihen geht hervor, dass die Anlasshärte der durchgehärteten Käfige im Vergleich zu denen einsatzgehärteter Käfige niedriger und enger toleriert sein muss, bevorzugt 57 HRC bis 60 HRC, um eine für den hier beschriebenen Anwendungsbereich dauerhaft funktionstüchtige Ausgestaltung eines Gelenks zu erhalten.

15  
Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens umfasst das Durchhärten mindestens eines der folgenden Mittel zur Erwärmung des Käfigs: Induktives Erwärmen, Erwärmen durch einen Energiestrahle, Erwärmen mittels eines Durchlauf- oder Kammer-Ofens. Je nach dem, ob die Käfige einzeln oder mehrere  
20 gemeinsam wärmebehandelt werden, können beispielsweise folgende Methoden zum Einsatz gelangen:

- a) Erwärmung einzelner Käfige
  - durch Induktion im Schussverfahren (single shot process)
  - durch einen Energiestrahle (z.B. Laser, Elektronenstrahl)
  - 25 - durch elektrischen Widerstand
- b) Käfigerwärmung im Durchlauf
  - mittels Induktions-, Elektro- oder Gas- Durchlauföfen
- c) Erwärmung der Käfige in einer Kammer
  - mittels Induktions-, Elektro-, Gas-, Plasma Kammeröfen.
- 30 Besonders bevorzugt ist hierbei eine in den Fertigungsprozess integrierte induktive Schusshärtung einzeln erwärmter Käfigen. Zum insbesondere partiellen



Härten des Käfigs können zudem Energiestrahlen wie beispielsweise ein Laser- oder ein Elektronenstrahl eingesetzt werden.

5    Betreffend das Abschrecken des Käfigs können folgende Methoden unterschieden werden:

a)   Abschreckung des einzelnen Käfigs:

- durch Abschreckduschen
  - umschlingend am Einzelteil oder im axialen Vorschub
  - axial am Einzelteil oder im horizontalen Vorschub
  - 10   -   seitlich am Einzelteil oder im horizontalen Vorschub
- im Bad oder Whirlpool
  - zumeist im freien Fall

b)   Abschreckung mehrerer Käfige im Batch:

- a.   durch axiales eintauchen in ein Öl oder Salzbad
- 15   b.   durch Flüssigkeits-Duschen
- c.   durch Gasabschreckung.

Besonders bevorzugt ist hierbei eine in die Härtemaschine integrierte Einzelteil Ringduschenabschreckung.

20

Die Härtetemperatur, auch Austenitisierungstemperatur genannt, liegt bei untereutektoiden Stählen ca. 50°C oberhalb der sogenannten Ac<sub>3</sub>-Linie des entsprechenden Eisen-Kohlenstoff-Diagramms. Unter dem Härten des Stahls versteht man allgemein die Umwandlung des  $\gamma$ -Mischkristalls zum Härungsgefüge Martensit. Die Umwandlung in Ferrit, Perlit und Bainet wird 25   hierbei unterdrückt. Die Abkühlgeschwindigkeit muss dabei oberhalb der kritischen Abkühlgeschwindigkeit liegen, um genau die Bildung dieser Zwischengefüge zu vermeiden.

30   Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens führt das Anlassen zu einer Härte des Käfigs im Bereich von 500 bis 600 HV [Härte nach dem Vickers-

- Prüfverfahren]. Als „Anlassen“ wird ein Erwärmen eines Bauteils auf eine Temperatur unterhalb der sogenannten  $A_{c1}$ -Linie im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (nach vorangegangenem Härten) und Halten bei dieser Temperatur mit nachfolgendem Abkühlen bezeichnet. In der ersten Anlassstufe (100 bis 180°C)
- 5 scheiden sich feinste  $Fe_{2,4}C$ -Teilchen ( $\epsilon$ -Carbide) aus, die Dispersionshärtung nimmt auf Kosten der Übersättigungsverfestigung zu (tetragonaler Martensit geht über in kubischen Martensit). Oberhalb von 200°C werden die  $\epsilon$ -Carbide instabil und erfahren infolge einer Kohlenstoffdiffusion aus dem Restaustenit eine Umwandlung zu  $Fe_3C$ . Dies führt zu einer Kohlenstoffverarmung im Austenit.
- 10 Zur Erzielung der oben genannten Härte des Käfigs kann beispielsweise der Stahl 45B2M auf Temperaturen von ca. 190 °C angelassen werden, wobei das Material nach einer Haltedauer je nach Anlassverfahren von etwa 40 Sekunden bis 120 Minuten wieder abgekühlt wird.
- 15 Beim Anlassen kann mindestens eines der folgenden Mittel zur Erwärmung des Käfigs:
- a) Anlasserwärmung einzelner Käfige:
    - durch Induktion im Schussverfahren (zumeist Anlassen im Bereich von 20 - 60 Sekunden)
  - 20 - durch elektrischen Widerstand
  - im Warmbad (zumeist Öle oder Salze)
  - b) Anlasserwärmung im Durchlauf
    - mittels Induktions-, Elektro- oder Gas- Durchlauföfen
  - c) Anlasserwärmung der Käfige in einer Kammer
    - 25 - mittels Induktions-, Elektro-, Gas-, Plasma Kammeröfen

Das Anlassen des Käfigs erfolgt je nach Härteverfahren üblicherweise mittels zumindest:

- Eintauchen in eine warme Flüssigkeit (insbesondere bei einer Einzelteil-
- 30 Erwärmung), oder

- Hindurchführen durch wenigstens einen Durchlauf- oder Kammerofen (insbesondere bei der Erwärmung mehrerer Teile gleichzeitig).

Schließlich ist es besonders vorteilhaft, ein Gelenk umfassend ein Außenteil, ein  
5 Innenteil, eine Mehrzahl von Rollkörpern und einen Käfig so zu gestalten, dass  
der Käfig in der vorstehend genannten Ausführung bzw. mit dem vorstehend  
beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Hierbei ergeben  
sich signifikant verbesserte Belastbarkeitswerte auch hinsichtlich des Gelenks, so  
dass auch große statische Kräfte bzw. Drehmomente bei großen Beugewinkel  
10 übertragbar sind. Die Steigerung der statischen Bruchfestigkeit des Käfigs führt  
hier direkt auch zu einer Verbesserung der Gelenkeigenschaften.

Dies wird im besonderen Maße augenfällig, wenn das Gelenk einen Beugewinkel  
mit einer Welle bereitstellt, der größer als  $20^\circ$  [Grad] ist. Insbesondere liegt der  
15 maximal mögliche Beugewinkel des Gelenks in einem Bereich von  $30^\circ$  bis über  
 $50^\circ$ . Bei solchen extremen Auslenkungen treten signifikant höhere Kräfte auf den  
Käfig infolge einer Axialbelastung durch die Rollkörper auf. Dabei haben  
Versuche gezeigt, dass gerade bei diesen extremen Belastungen der  
durchgehärtete, vergütete Käfig eine deutlich verbesserte statische Bruchfestigkeit  
20 aufweist. Versuche haben gezeigt, dass das erfindungsgemäße Gelenk gegenüber  
bekannten Gelenken eine bis zu 50% gesteigerten Bruchfestigkeit des Käfigs  
aufweist und eine bis zu 30% Steigerung des maximal übertragbaren,  
quasistatischen Drehmomentes unter einer  $45^\circ$  Abwinklung ermöglicht.

25 Als besonders bevorzugtes Einsatzgebiet derartiger Gelenke sind Fahrzeuge zu  
nennen. Damit sind insbesondere Pkw, LKW, etc. gemeint. Weitere technische  
Einsatzgebiete sind beispielsweise Windkraftanlagen oder andere Antriebsstränge,  
in denen keine starre Übertragung von Drehmomenten bzw. Kräften möglich ist:

30 Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der  
Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren besonders

bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen, die Erfindung jedoch nicht darauf begrenzt ist.

Es zeigen:

5

Fig. 1 schematisch und in einem Querschnitt einen Käfig;

Fig. 2 schematisch den Aufbau eines Gelenks;

10 Fig. 3 ein Fahrzeug mit mehreren Gelenken in perspektivischer Darstellung;

Fig. 4 schematisch den Ablauf einer Ausführungsvariante des Herstellungsverfahrens; und

15 Fig. 5 schematisch den Ablauf einer weiteren Ausführungsvariante des Herstellungsverfahrens

Fig. 1 zeigt schematisch und in einem Querschnitt eine Ausführungsvariante eines Käfigs 1. Der Käfig 1 besteht aus einem Grundkörper 5, welcher eine zylindrische  
20 Gestalt mit ballig nach außen gewölbten Umfangsflächen aufweist. Derartige Grundkörper 5 weisen üblicherweise eine Materialstärke 14 im Bereich von 2,5 bis 6,0 mm auf. Bei der dargestellten Ausführungsvariante des Käfigs 1 sind über den Umfang mehrere Aussparungen 2 vorgesehen. Diese dienen zur Aufnahme von Rollkörpern eines Gelenks. Hier weist der Käfig sechs (6) Aussparungen 2  
25 auf, es können jedoch auch vier (4) oder acht (8) sein. In der Regel wird jede Aussparung 2 mit einer solchen Form ausgeführt, dass sich jeweils ein Rollkörper darin unter Last ausreichend bewegen kann. Gleichwohl ist es möglich, dass mehrere Rollkörper in einer Aussparung 2 positioniert sind. Dann kann ein hiervon abweichender Aufbau des Käfigs 1 auftreten.

30

Fig. 2 zeigt schematisch ein Gelenk 4, welches ein Außenteil 6, einen Innenteil 7, eine Mehrzahl von Rollkörpern 3 sowie den erfindungsgemäßen Käfig 1 aufweist. Die Kraftübertragung erfolgt über die Welle 9 und die dargestellte Verzahnung 15 hin zum Innenteil 7 auf die Rollkörper 3. Die Rollkörper 3 werden in Laufflächen bzw. Führungsbahnen 16 von Innenteil 7 und Außenteil 6 geführt, so dass das Drehmoment über die Rollkörper 3 vom Innenteil 7 auf das Außenteil 6 übertragen werden. Zur Fixierung der Rollkörper 3 in Richtung einer Achse 15 dient der Käfig 1. Die in Richtung der Achse 15 auf den Käfig 1 einwirkende Kraft wird deutlich größer, wenn die Welle 9 mit einem Beugewinkel 8 zur Achse 19 das Drehmoment überträgt. Dann sind die axial aufzunehmenden Führungskräfte für den Käfig 1 besonders hoch.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Fahrzeug 10 mit einem Antriebssystem zur Übertragung der im Motor generierten Drehmomente auf die Räder 11. Hierzu werden eine Vielzahl unterschiedlicher Wellen 9 eingesetzt, die durch Gelenke 4 miteinander verbunden sind. Bei dem erfindungsgemäßen Gelenk 4 handelt es sich insbesondere um die Gelenke 4, die nahe der Räder 11 zur Drehmomentübertragung vorgesehen sind.

Fig. 4 veranschaulicht schematisch die Herstellung eines solchen Käfigs 1 aus einem Grundkörper 5. Der Grundkörper 5 wird in einem ersten Schritt (A) geformt. Anschließend werden die Aussparungen 2 herausgestanzt (B), so dass der Käfig 1 mittlerweile seine äußere Gestalt im wesentlichen hat. Die Wärmebehandlung der Käfige 1 erfolgt bei der hier dargestellten Variante im Batch und außerhalb der Einzelfertigungslinie, also werden jeweils mehrere Käfige 1 zunächst gesammelt, dann gruppiert und schließlich gleichzeitig erwärmt, abgeschreckt und angelassen. Somit werden die Käfige 1 zusammen auf einer Unterlage positioniert und durchgehärtet, wobei hier beispielhaft der Kontakt mit einem Heizelement 12 veranschaulicht wird (C). Die Heizelemente 12 sind hier als Durchlauföfen mit Induktorschleifen ausgebildet, durch die eine Vielzahl von Käfigen 1 (z.B. mittels eines Förderbandes 22) hindurch bewegt



wird. Anschließend werden die Käfige 1 abgeschreckt (D), wobei hier eine Abschreckung im Bad 13 bevorzugt wird. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Duktilität der Käfige 1 werden diese noch angelassen (D), wobei dies hier ebenfalls mittels eines Eintauchen in ein Bad 13 mit Öl bewirkt wird. Bevorzugt werden bei diesem Verfahren viele Käfige 1 als Chargen bzw. Batch  
5 zusammengeführt (beispielsweise bis zu 1000 Käfige) und gemeinsam wärmebehandelt. Gerade bei so großen Chargen ist zu berücksichtigen, dass bei gemeinsamer Abschreckung in einem Ölbad eine geringere Abschreckleistung vorliegt. Gerade für diesen Fall gewährleistet der eingangs beschriebene Stahl mit  
10 der Bezeichnung 45B2M ein gleichmäßigeres Ergebnis zumindest hinsichtlich der Duktilitätseigenschaft als z.B. mit dem Stahl der Bezeichnung Ck 45.

Die Fig. 5 zeigt nun schematisch den Ablauf eines Herstellungsprozesses für eine fertigungslinienintegrierte Einzelwärmebehandlung der Käfige 1. Die Schritte (A) und (B) entsprechen im wesentlichen denen aus Fig. 4. Daran schließt sich nun  
15 eine Wärmebehandlung jedes einzelnen Käfigs 1 in einer Härtestation 23, eine Abschreckstation 24 und einer Anlassstation 25 an. Bei einer solchen Härtestation 23 wird der Käfig 1 zu beispielsweise ringförmigen Heizelementen 12 (wie Induktorschleifen) mittels einer Unterlage 20 positioniert und mit einer  
20 Relativbewegung 21, die in der Fig. 5 als Rotation veranschaulicht ist, zu den Heizelementen 12 zumindest teilweise während der Wärmebehandlung bewegt (C). Ist die gewünschte Härtetemperatur erreicht, wird der Käfig 1 mit der Unterlage 20 hin zu der Abschreckstation 24 transportiert. Die Abschreckstation 24 in Fig. 6 umfasst eine Fördereinheit 17 für Kühlmittel 18, wobei in der  
25 gezeigten Darstellung die Fördereinheit 17 nach Art einer Brause bzw. Dusche ausgeführt ist (D). Auch während des Abschreckens kann zumindest zeitweise eine Relativbewegung 21 zwischen Käfig 1 und Fördereinheit 17 verwirklicht werden. Im Hinblick auf die Relativbewegungen 21 während dieser Wärmebehandlungen ist ergänzend noch zu erwähnen, dass die Bewegung sowohl  
30 von dem Käfig 1 und/oder zumindest einem Heizelement 12 bzw. zumindest einer

Fördereinheit 17 für Kühlmittel 18 durchgeführt werden kann. Schließlich wird der Käfig 1 noch in einem Bad 13 angelassen (E).

Der Einsatz im Automobilbau von durchgehärteten bzw. vergüteten Käfigen in Gelenken führt zu einer deutlichen Erhöhung der statischen Bruchfestigkeit auch bei großen Abbeugungen, so dass insbesondere auch die immer größer werdenden Drehmomente, wie sie hier bereitgestellt werden, dauerhaft übertragen werden können. Gleichzeitig erlaubt das beschriebene Fertigungsverfahren zur Herstellung solcher Käfige eine einfache Integration in die Serienfertigung, da das Aufheizen bzw. Abkühlen leicht integriert werden kann. Damit können Transportmittel, Personal, Platzbedarf und insbesondere auch das für die Einsatzhärtung erforderliche Härterei-Know-how reduziert werden.

## Bezugszeichenliste

	1	Käfig
5	2	Aussparung
	3	Rollkörper
	4	Gelenk
	5	Grundkörper
	6	Außenteil
10	7	Innenteil
	8	Beugewinkel
	9	Welle
	10	Fahrzeug
	11	Rad
15	12	Heizelement
	13	Bad
	14	Materialstärke
	15	Verzahnung
	16	Führungsbahn
20	17	Fördereinheit
	18	Kühlmittel
	19	Achse
	20	Unterlage
	21	Relativbewegung
25	22	Förderband
	23	Härtestation
	24	Abschreckstation
	25	Anlassstation

## Patentansprüche

1. Käfig (1) aufweisend eine Mehrzahl von Aussparungen (2) zur Aufnahme von Rollkörpern (3) eines Gelenks (4), dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Käfig (1) eine im wesentlichen gleiche Duktilität hat.
2. Käfig (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (1) eine Härte im Bereich von 500 bis 650 HV aufweist.
3. Käfig (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (1) einen vergüteten Stahl umfasst.
4. Käfig (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (1) einen Stahl mit einen Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,3% bis 0,5% umfasst.
5. Käfig (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (1) einen Stahl mit mindestens Bor als Legierungselement umfasst.
6. Verfahren zur Herstellung eines Käfigs (1) aufweisend eine Mehrzahl von Aussparungen (2) zur Aufnahme von Rollkörpern (3) eines Gelenks (4) mit zumindest folgenden Schritten:
  - Formen eines geschlossenen Grundkörpers (5);
  - Heraustrennen einer Mehrzahl von Aussparungen (2);
  - Durchhärten des Käfigs (1);
  - Anlassen des Käfigs (1).
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchhärten mindestens eines der folgenden Mittel zur Erwärmung des Käfigs (1) umfasst:

induktives Erwärmen, Erwärmen durch einen Energiestahl, Erwärmen mittels eines Durchlauf- oder Kammerofens.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anlassen zu einer Härte des Käfigs (1) im Bereich von 500 bis 650 HV führt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Anlassen des Käfigs (1) mittels zumindest:
- 10 - Eintauchen in eine warme Flüssigkeit, oder  
- Hindurchführen durch wenigstens einen Durchlauf- oder Kammerofen erfolgt.
- 15 10. Gelenk (4) umfassend ein Außenteil (6), ein Innenteil (7), eine Mehrzahl von Rollkörpern (3) und einen Käfig (1), wobei der Käfig (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgeführt oder mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9 hergestellt ist.
11. Gelenk (4) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dieses einen Beugewinkel (8) mit einer Welle (9) bereitstellt, der größer als  $20^\circ$  ist.
- 20 12. Fahrzeug (10) umfassend ein Gelenk (4) nach Anspruch 10 oder 11.



## Zusammenfassung

Käfig (1) aufweisend eine Mehrzahl von Aussparungen (2) zur Aufnahme von  
5 Rollkörpern (3) eines Gelenks (4), dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte  
Käfig (1) eine im wesentlichen gleiche Duktilität hat. Weiter wird eine  
Herstellung des Käfigs (1) vorgeschlagen, bei der der Käfig (1) durchgehärtet und  
angelassen wird. Weiter werden besondere Einsatzgebiete im Automobilbereich  
beschrieben.

10

Fig. 1

GK81716PC

1/3

FIG.1

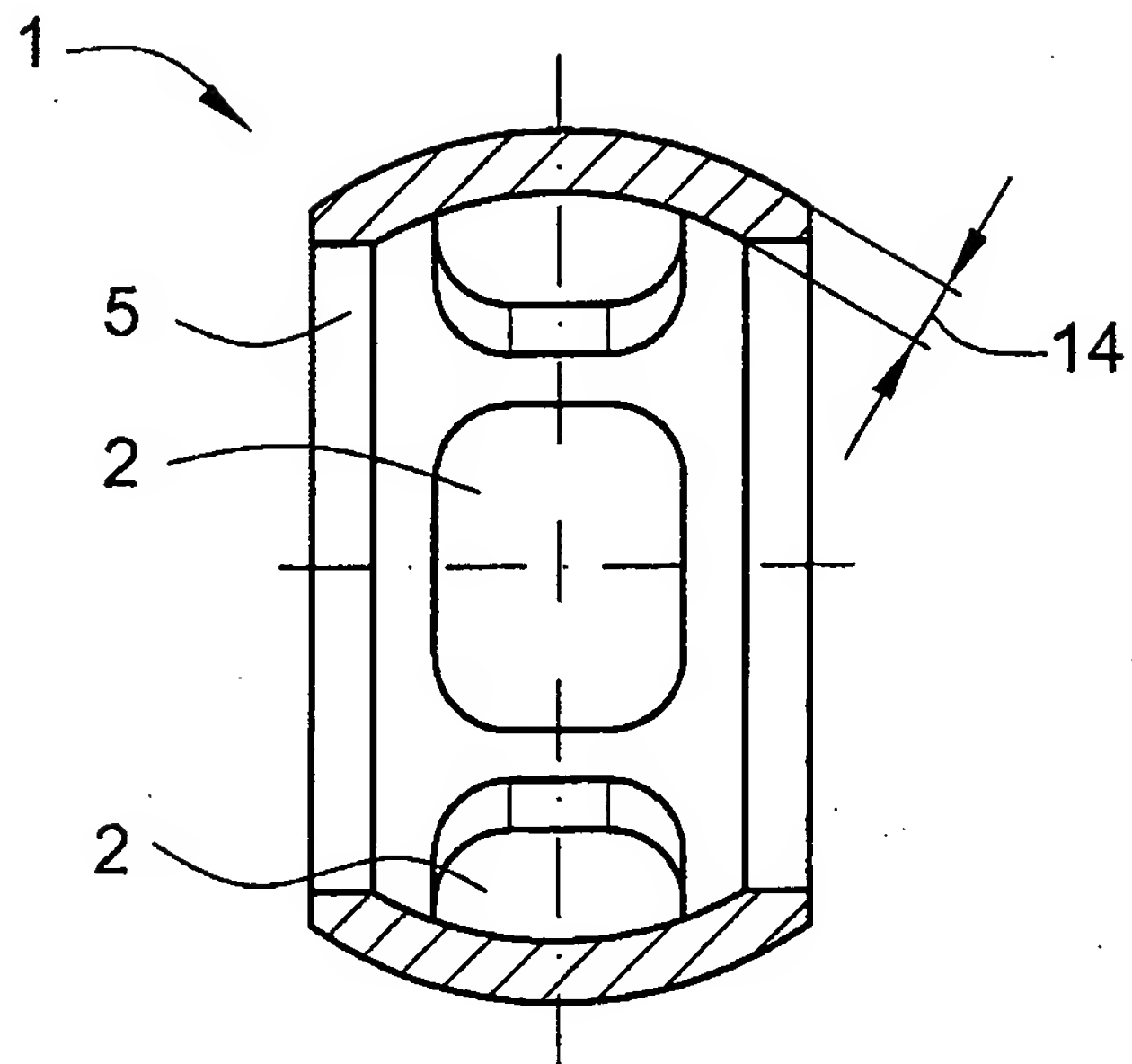


FIG.2

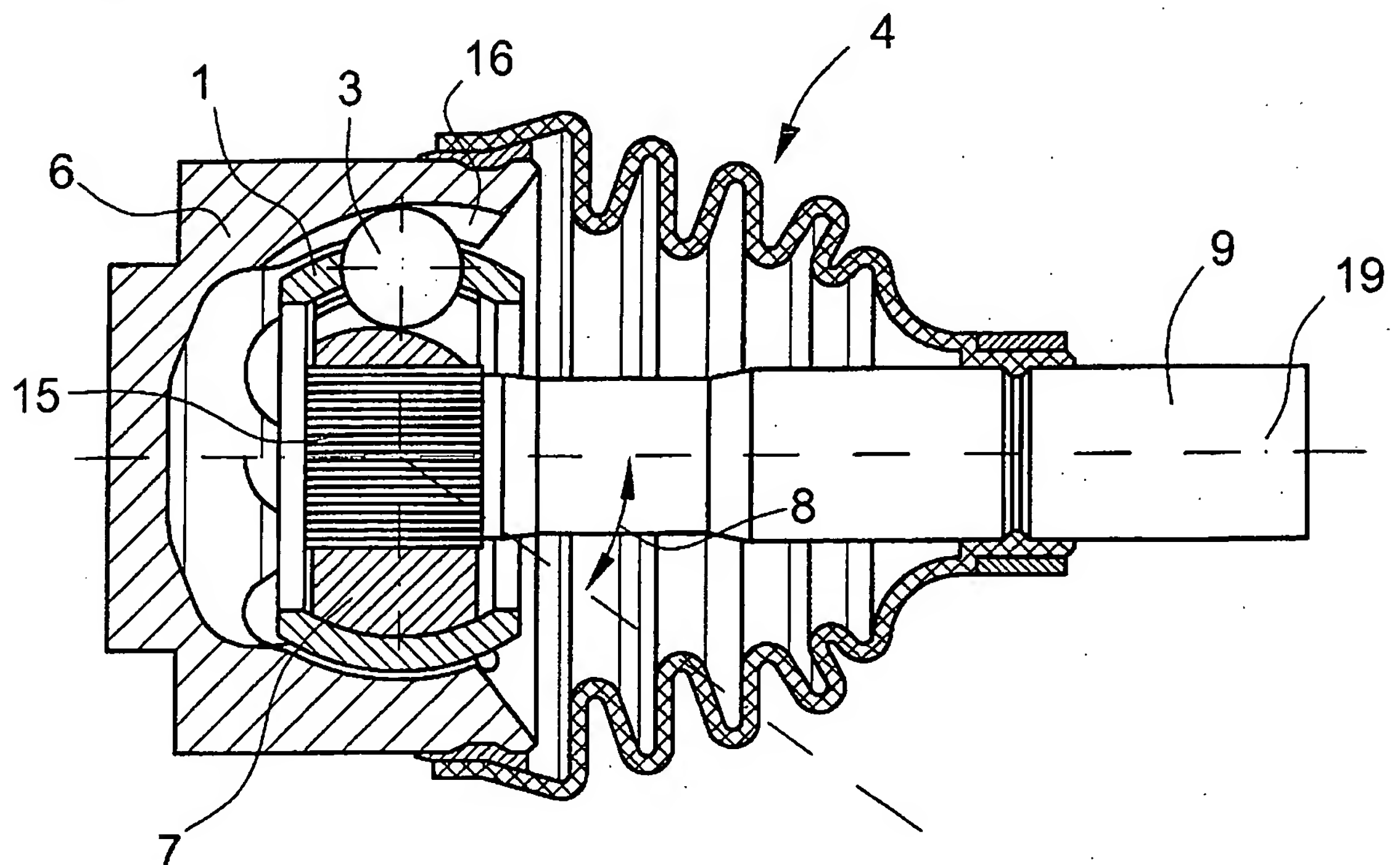


FIG.3

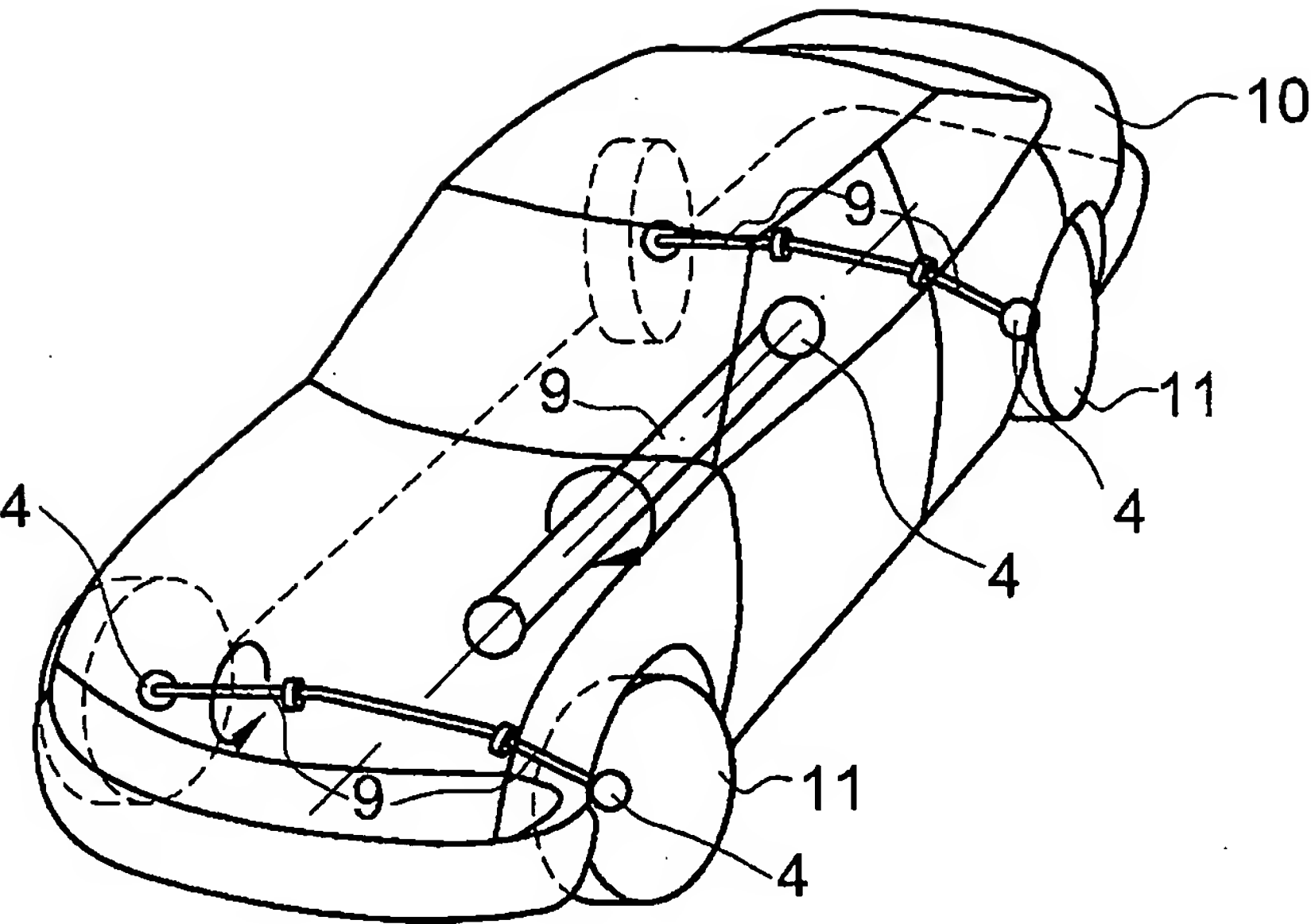


FIG.4

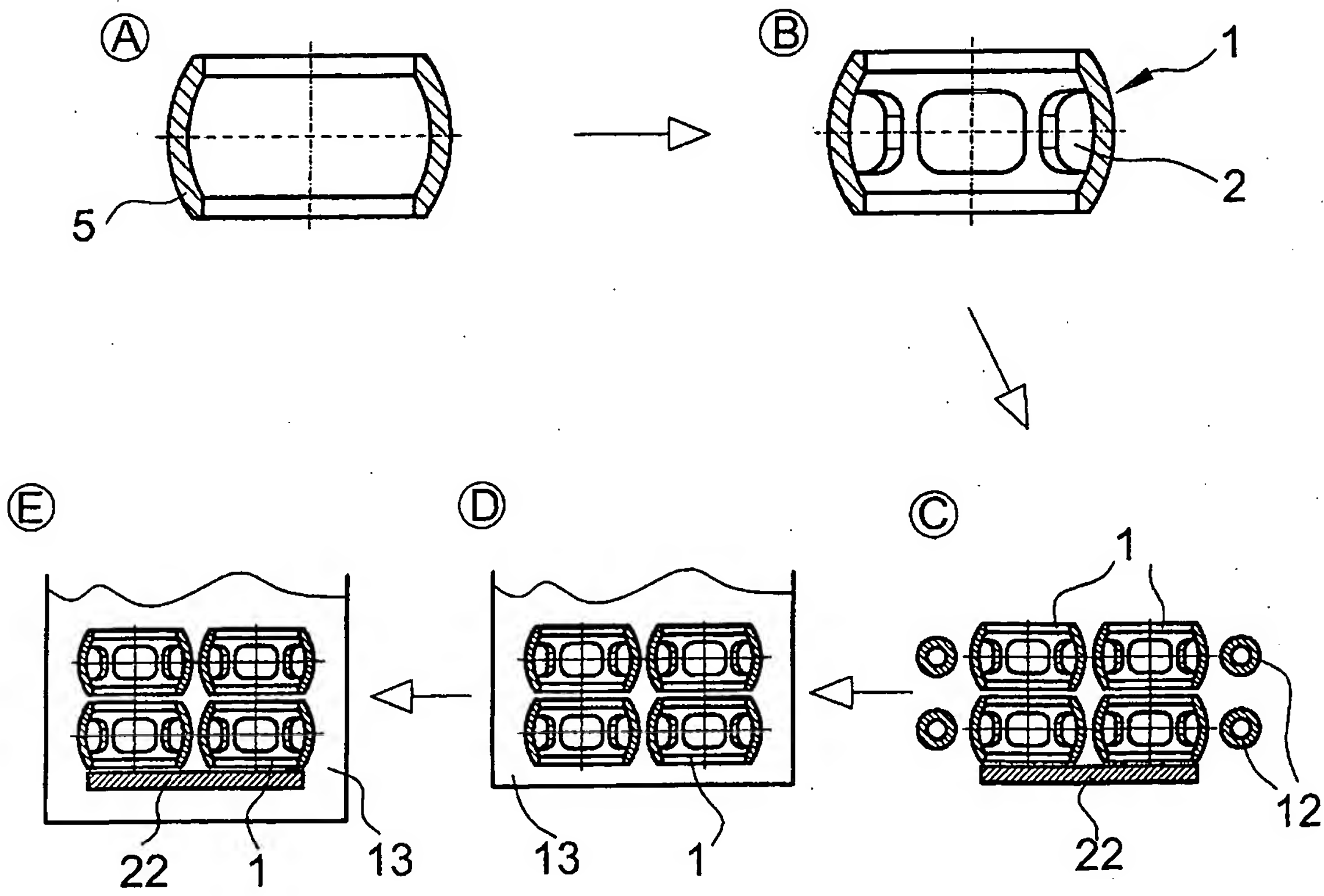


FIG.5

